

*В.Т. ЛЕБЕДЬ, Б.М. АРПЕНТЬЕВ*

## **СБОРКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОВОЗДЕЙСТВИЯ**

Розглянуто технологію відновлення великогабаритних важкогазових виробів у складеному варіанті. На прикладі складеного зубчастого колеса і шпинделя вальцювальної кліті показані основні положення технології їхньої зборки й остаточної механічної обробки.

There have been reviewed remanufacturing techniques for large-size heavy products of compound design. Basic techniques of assembling and finish machining are represented by the example of compound gear wheel and rolling mill spindle.

Предприятия тяжелого машиностроения, такие как, НКМЗ, УЗТМ, Ижорские заводы, специализируется на изготовлении горнорудного, металлургического, прокатного, кузнечно-прессового и подъемно-транспортного оборудования [1]. При этом объем их производства до одной трети состоит из крупногабаритных составных изделий, таких как: бандажированные зубчатые колеса, валки, шпиндели прокатных клетей и др.

Указанные изделия после отработки номинального ресурса, имеют объемный износ по рабочим поверхностям до 0,5 % общей массы. Перевод выработавших номинальный ресурс изделий во вторичное сырье в большинстве случаев, не целесообразен, поскольку состояние их таково, что позволяет рассматривать вопрос их повторного использования. Примером такого использования могут служить, в частности, детали составных зубчатых колес и шпинделей линий прокатных клетей. Производственный опыт восстановления прокатных валков [2, 3] показывает, что технологический процесс должен базироваться на комплексном конструктивно-технологическом решении, в котором повторно используются основные детали указанных изделий: центр зубчатого колеса и вал шпинделя при изготовлении нового зубчатого венца и головок шпинделя.

Целью работы является разработка технологических схем сборки восстанавливаемых изделий ответственного назначения, собираемых с использованием термовоздействия.

Согласно классификации [4], класс крупногабаритных тяжеловесных изделий, имеющих сборку составных деталей натягом, подразделяются на три подкласса: первый – с диапазоном длины  $L$  до  $1,0D$  включительно, второй - с  $L$  от  $1,0D$  до  $5,0 D$  включительно и третий - с  $L$  свыше  $5,0D$ , где  $D$  - наибольший наружный диаметр изделия. Второй подкласс рассмотрен достаточно полно, например, в работе [4] на примере составных прокатных валков. Такой подход позволяет установить минимально возможные

энергозатраты при сборке изделий термовоздействием с учетом требуемых критериев прочности для указанных соединений.

По указанной оценке к первому подклассу могут быть отнесены составные (бандажированные) зубчатые колеса редукторов для приводов клетей прокатных станов с венцами, имеющими прямозубые, косозубые и шевронные зубья с одним, двумя или тремя дисками в чугунном центре (рис. 1). При этом центр колеса имеет компенсационные пазы, которые располагаются как на ободе, так и на ступице (рис. 2, а и б). Компенсационные пазы на ободе предназначены для уменьшения остаточных напряжений, возникающих в процессе остывания отливки центра [5] и выполняют дополнительную функцию - повышают качество сопряжения венца с центром колеса. Пазы (разрезы) на ступице (рис. 2, б) обеспечивают условия сборки зубчатого колеса с валом непосредственно при монтаже изделия у заказчика, поскольку, в ряде случаев, сборка в процессе изготовления узла колеса ведет к повышенным нормативным требованиям при погрузочно(разгрузочно)- транспортных операциях. В некоторых случаях, для увеличения прочности соединения ступицы с валом предусмотрено применение стяжных колец.

Конструктивные размеры бандажа и чугунного центра зубчатого колеса принимаются исходя из условий их равнопрочности, а диаметр посадочной расточки венца - из условия передачи прессовой посадкой наибольшего момента допускаемого прочностью зубьев на изгиб (табл. 1). Дополнительно выполняется расчет на прочность вторично используемого центра с учетом изменения геометрических параметров компенсационных пазов. Согласно рекомендациям [6] при длине ступицы колеса более 400 мм, конструкция расточки диаметра посадочной поверхности ступицы является двухступенчатой.

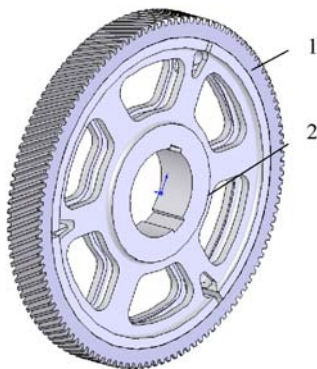


Рис. 1. Общая схема составного зубчатого колеса:  
1- зубчатый венец; 2 – центр колеса

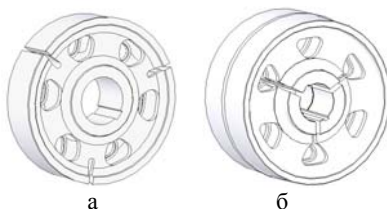


Рис.2 Схемы конструкций центров колес с компенсационными пазами на ободе (а) и на ступице (б)

Таблица 1  
Обобщенные показатели восстанавливаемых составных зубчатых колес

№ п/п	Наименование параметра зубчатого колеса	Условное обозначение	Единица измерения	Числовое значение показателя
1	Делительный диаметр	$d_d$	мм	500 ... 4500
2	Ширина колеса	$B$	мм	до 1200
3	Коэффициент ширины колеса	$\psi$		0,2 ... 0,6
4	Модуль нормальный	$m$	мм	до 24
5	Суммарное число зубьев пары	$Z$		99 ... 300

Таблица 2  
Основные параметры рассматриваемых крупногабаритных тяжеловесных составных зубчатых колес

№ п/п	Наименование изделия	Габаритный диаметр (по выступам зубьев), мм	Ширина изделия, мм	Диаметр посадочной поверхности центра /бандажа, мм	Модуль /число зубьев /угол наклона зубьев	Посадочный диаметр ступицы на вал, мм	Общая масса, т
1	Зубчатое колесо	1821	500	1500(+0,125/+2,270 0 / +2,145)	22/80/8°	430H7	6,3
2		2640	960	2500(+0,28/+3,06 +2,78)	14/171/26°48'40"	620H7	14,6
3		3926,96	1190	3520(+0,35/+3,63+3, 28)	28/125/25°17'19"	860H7	49,2

Предлагается следующая маршрутная технология при восстановлении составного зубчатого колеса (поз. 3 табл. 2) аналогичного типоразмера: 1) контроль состояния изделия, отработавшего ресурс; 2) демонтаж зубчатого венца с центра колеса (механической разрезкой или газовой резкой); 3) передача венца на вторичную переработку; 4) оценка и анализ состояния демонтированного центра колеса (соответствие критериям годности изделия, установление расположения и определение величины допусков, составление карты замеров по результатам измерений фактических размеров центра); 5) термическая обработка центра колеса; 6) обработка посадочной поверхности центра со снятием деформированного слоя металла; 7) контроль величины фактического диаметра центра и пересчет внутреннего посадочного диаметра нового зубчатого венца (бандажа); 8) расточка диаметра ступицы центра (снятие механической обработкой разрушенного и деформированного слоя с последующей корректировкой посадочного размера посадочного диаметра выходного вала с учетом обеспечения расчетной (требуемой) величины сопряжения поверхностей; 9) проверка на станке величины размеров торцев зубчатого колеса; 10) контроль состояния внутренней (боковой) поверхности

компенсационных пазов, в частности, в области переходных зон (боковая поверхность паза - радиус скругления). При выявлении дефектов в виде трещин, производится обработка поверхности до «сплошного» металла; 11) проверка на станке размера диаметра контрольного пояска (для рассматриваемой конструкции - 730 мм), с обеспечением шероховатости Ra 6.3, служащего технологической базой при сборке центра с венцом колеса; 12) расточка посадочного диаметра нового венца с учетом сопрягаемого фактического диаметра центра; 13) сборка составного изделия – повторноиспользуемого центра и нового венца колеса. Далее, по ходу технологического цикла, выполняется обработка зубчатого колеса согласно типовым технологиям обработки изделия указанного подкласса.

Общая схема восстановления составного зубчатого колеса указанного подкласса приведена на рис. 3, а на рис.4 – температурный режим процесса сборки по позиции 13 маршрутной технологии.

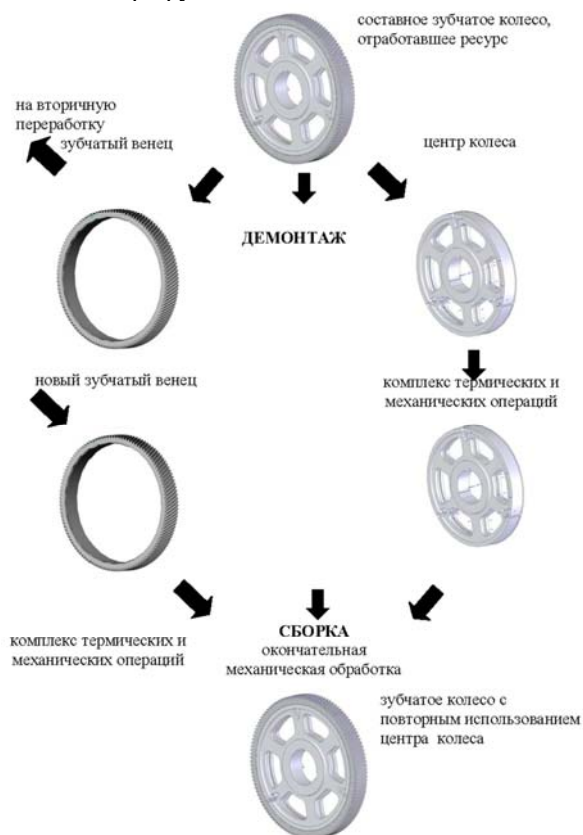


Рис. 3. Технологическая схема восстановления отработавшего ресурс крупногабаритного зубчатого колеса в составном варианте с повторным использованием демонтированного центра

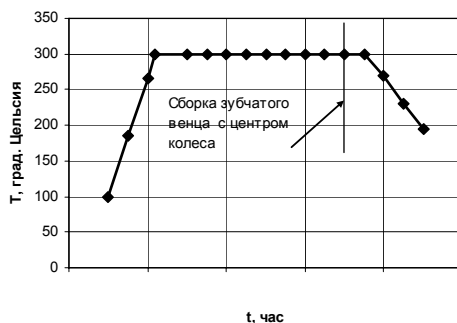


Рис. 4. Схема температурного режима сборки составных зубчатых колес

Третий подкласс восстанавливаемых составных изделий рассмотрен на примере длинномерных шпинделей прокатных клетей (рис. 5). Так же, как и для зубчатого колеса, определяется состояние или вид разрушения деталей шпинделя. При положительной оценке годности изделия, рассматривается вторичное использование вала шпинделя.

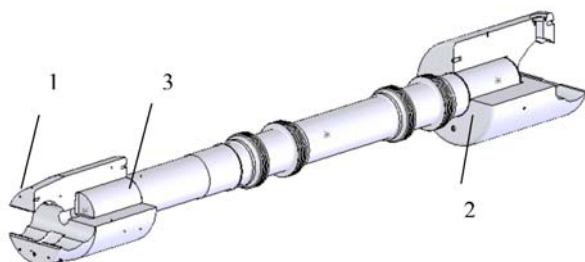


Рис. 5 . Общая схема крупногабаритного составного шпинделя линии прокатной клетки: 1, 2 –меньшая и большая головки, соответственно, 3 – вал шпинделя

Таблица 3

Основные параметры крупногабаритных тяжеловесных моноблочного и составных шпинделей линий прокатных клетей

№ п/п	Наименование	М <sub>кр. ном.</sub> (мах), тм	Общая длина шпинделя L, мм	Диаметр вала шпинделя d <sub>сп.</sub> , мм	Размер по осям подшипников, мм	Наружн. диаметр головок меньш./больш., мм	Посадочный диаметр головок, мм	Общая масса, т
1	Шпиндель	273	9430	-	8000	1220	540 (диаметр тела)	26,5
2		230 (350мах)	8505	510	8075	950/1180	490 Н8/У8 (+0,11/+0,637 0,540)	31,8
3		202 (343мах)	13085	620	12625	985/1150	600 Н8/У8 (+0,11/+0,77 0,66)	42,7

В таблице 3 приведены параметры трех типоразмеров шпинделей в двух конструктивных исполнениях: в моноблочном (п.1) и составном (п.2, 3).

При рассмотрении конструкции шпинделя в моноблочном исполнении, в зависимости от вида и формы дефекта на головке (или головках)

шпинделя, изделие может быть использовано повторно в качестве детали «вала шпинделя». После проведения дополнительной обработки вал шпинделя используется для аналогичного изделия при исполнении конструкции в составном варианте. В последующем выполняется комплекс операций по сборке вала шпинделя с вновь изготовленными головками.

Основные положения маршрутной технологии восстановления моноблочного шпинделя в составном варианте следующие: • Восстановление вала шпинделя: 1) оценка состояния отработавшего ресурс моноблочного шпинделя; 2) обследование состояния посадочных мест на шпинделе под вкладыши; 3) разметка шпинделя под последующую обрезку головок до общей длины восстанавливаемого вала в составном варианте с учетом припусков; 4) обрезка шпинделя по внутренней торцевой плоскости расточки зева головок с последующей обработкой остатков цилиндрического и конического участков головок; 5) точение в размеры длины вала и посадочных диаметров под сборку с новыми головками при выборе базы относительно торцев буртов расточек под вкладыши; 6) выполнение центрирования торцев вала; 7) обработка посадочных поверхностей расточек вала под захватное устройство; 8) проведение работ по изоляции поверхностей под подшипники скольжения; 9) термическая обработка вала шпинделя; 10) контроль геометрических параметров вала и мест под подшипники на валу шпинделя после термической обработки; 11) восстановление (при необходимости) указанных поверхностей под подшипники; 12) подрезка торцев вала и обработка центровых отверстий вала шпинделя; 13) черновая обработка посадочных поверхностей вала с припуском на диаметр; 14) чистовая обработка посадочных поверхностей с припуском под шлифование; 15) выполнение шлифования; 16) контроль размерных параметров изделия; 17) передача вала шпинделя под сборку с левой и правой головками.

Головки шпинделя выполняются из новых заготовок (поковок) согласно техническим требованиям по следующей схеме: 1) обработка фрезерованием торцев головок, выполнение центровых отверстий (с двух сторон); 2) обработка торцев и наружных поверхностей головок с припуском под последующую термическую обработку; 3) выполнение термической обработки; 4) разметка деталей под механическую обработку; 5) выполнение комплекса расточных операций для предварительной обработки отверстий головок под сборку и черновой обработки (после переустановки деталей) сквозного отверстия под его дальнейшую профильную обработку под установку вкладышей; 6) обработка сквозного отверстия по продольной оси головок; 7) токарная обработка отверстий головок под посадку на вал и сквозного отверстия между полостями посадочного отверстия и зева; 8) обработка с минимальным припуском под чистовую обработку наружных поверхностей и торцев головок; 9) чистовая обработка отверстия между торцами посадочного отверстия и зева (проема); 10) выполнение шлифования посадочных поверхностей отверстий под монтаж головок с

валом шпинделя; 11) транспортирование деталей головок шпинделя на участок их сборки.

Сборка шпинделя производится по следующей схеме: 1) комплектование деталей и узлов шпинделя под монтаж и сборку; 2) подготовка оснастки стенда сборки; 3) контроль фактических посадочных размеров; 4) установка на призмах вала шпинделя с дальнейшей фиксацией изделия на стенде и предварительной защитой шеек вала ( $\varnothing 480 \text{ е8}$ ); 5) нагрев и насадка маслораспределительной втулки на вал шпинделя; 6) контроль фактических посадочных размеров головок и вала шпинделя; 7) контроль положения рисков на шпинделе; 8) нагрев головок шпинделя до температуры  $300^\circ \text{C} (\pm 10^\circ \text{C})$ ; 9) стропление, центрование и насадки левой и, соответственно, правой головок на вал (сборка изделия). 10) допрессовывание головок в процессе их остывания (исключение зазора между торцами головок и буртами вала шпинделя); 11) остывание составного изделия; 12) передача восстановленного шпинделя на чистовую обработку.

На рис. 6 приведена схема восстановления моноблочного шпинделя, а на рис. 7 – схема температурных режимов при сборке составного изделия.

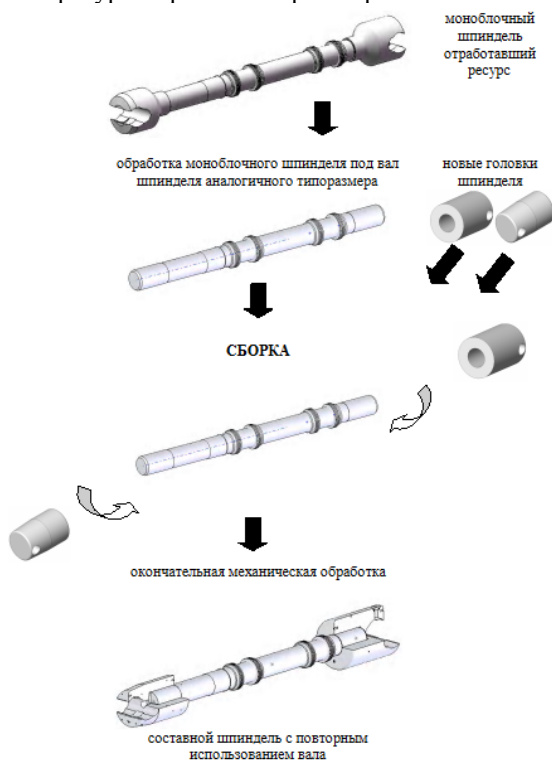


Рис. 6. Технологическая схема восстановления отработавшего ресурс моноблочного шпинделя в составном варианте с повторным использованием вала шпинделя

Следует отметить, что моноблочный шпиндель меньше по весу на 11,24% от общей массы аналогичной изделия в составном исполнении.

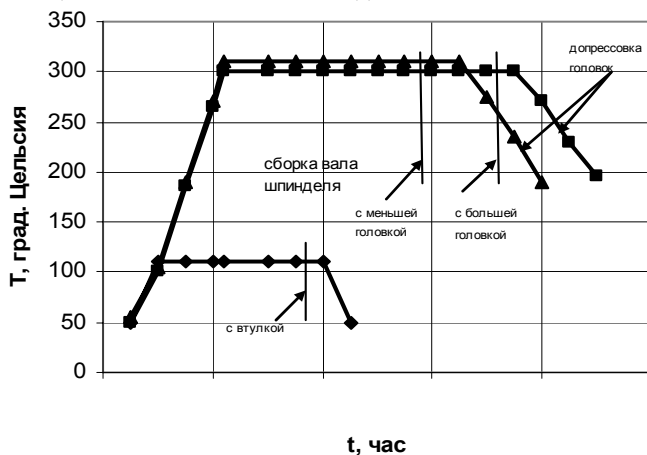


Рис. 7. Схема температурных режимов сборки головок восстанавливаемого составного шпинделя

Для оценки уровня трудоемкости изготовления деталей в процессе восстановления составных зубчатых колес (табл. 2) и шпинделей линий клетей прокатных станов (табл. 3) были проанализированы поэлементные затраты в ходе производства новых деталей при их изготовлении в составном варианте. Характер изменения трудоемкости этих изделий показан на графиках рис. 8 и 9.

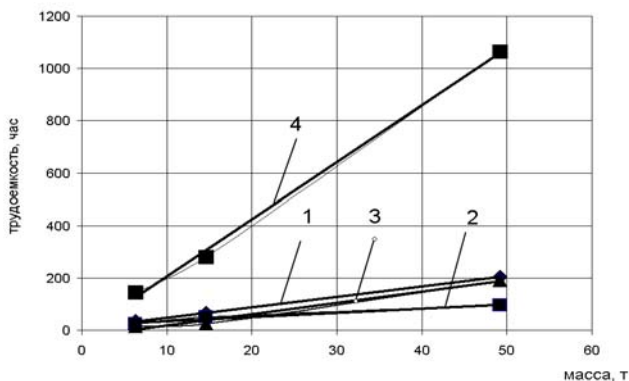


Рис. 8. Характер изменения трудоемкости (относительно общей трудоемкости изготовления нового составного зубчатого колеса): – венца (бандажа) зубчатого колеса (1); – центра колеса (2); – в процессе сборки составного колеса (3); – при окончательной механической обработке изделия (4) в зависимости от изменения типоразмера изделия (в частности, массы)



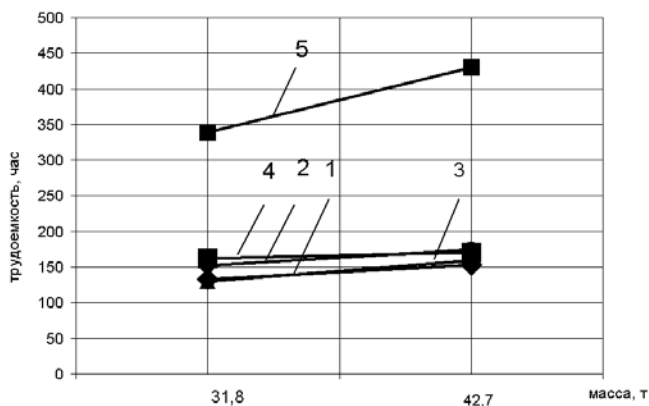


Рис. 9. Характер изменения трудоемкости (относительно общей трудоемкости) при изготовлении нового составного шпинделя): – левой головки (меньшей) (1); – правой головки (большой) (2); – вала шпинделя (3); – при сборке изделия (4); – при окончательной механической обработке изделия (5) в зависимости от изменения типоразмера изделия (в частности, массы)

Таким образом, в состав обобщенного технологического процесса восстановления рассматриваемых составных изделий первого и третьего подклассов входят следующие основные операции: 1) демонтаж составного изделия, отработавшего ресурс или вышедших из эксплуатации вследствие нерегламентируемой ситуации; 2) изготовление новых охватывающих деталей при исполнении конструкции в составном варианте; 3) выполнение комплекса термических, механических, вспомогательных операций при изготовлении этих деталей, 4) сборка термовоздействием сопрягаемых деталей и окончательная механическая обработка восстановленного изделия.

Выводы. 1) Разработаны схемы технологий восстановления крупногабаритных изделий, имеющих форму тела вращения, относящихся к первому (зубчатые колеса) и третьему (шпиндели прокатных клетей) подклассам. 2) Приведены основные положения процессов по режимам восстановления крупногабаритных тяжеловесных изделий.

Список литературы: 1. Справочник единой номенклатуры промышленной продукции, изготавливаемой предприятиями Минтяжмаша / Утв. начальником ПЭУ Л.А. Бусяцкой - М.: 1984. – 176 с. 2. Лебедь В.Т. К вопросу о ресурсосберегающих технологиях при производстве крупногабаритных составных изделий / Вестник НТУУ «Киевский политехнический институт». Машиностроение № 44. 2003 - с. 164-167. 3. Лебедь В.Т. Технология восстановления крупногабаритных составных прокатных валков / Вестник НТУУ «Киевский политехнический институт». Машиностроение №52. 2007 - с. 66 -77. 4. Лебедь В.Т. Общие положения технологии восстановления крупногабаритных прокатных валков/Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць.- Донецьк: ДонНТУ, Вип. № 36. 2008 - с. 94-101. 5. Воронич И.И., Сафронов Ю.В., Устинов Ю.А. Прочность колес сложной конструкции. Исследование и расчет. Изд-во «Машиностроение». - М.: 1967.- 194 с. 6. Краузе Г.Н. Оборудование прокатных станов М.-Л.: Машгиз, 1963, 266 с. с илл.